

## Sensorless detection of a locked rotor in a switched reluctance motor

Patent Number:  US6011368

Publication date: 2000-01-04

Inventor(s): KALPATHI RAMANI R (US); SZYMANSKI PETER T (US)

Applicant(s): DANA CORP (US)

Requested Patent:  DE19956104

Application Number: US19990281175 19990330

Priority Number(s): US19990281175 19990330

IPC Classification: H02H7/08; H02P7/05

EC Classification: H02H7/093, H02P3/06A, H02P25/08

Equivalents:

---

---

### Abstract

---

A method and circuit for detecting a locked rotor in a switched reluctance motor are provided. The method includes the step of measuring, at a predetermined frequency, the time required for a current in the motor to rise or fall between predetermined current levels to thereby obtain a plurality of sample rise or fall times. The method further includes the step of comparing first and second sample times of the plurality of sample times to obtain a time comparison value that is indicative of a change in position of the rotor. Because current rise and fall times are indicative of, and vary with, rotor position, a comparison of multiple rise or fall times may be used to indicate a change in position of the rotor and, therefore, whether the rotor is in motion or is locked. The method may finally include the step of comparing the time comparison value to a predetermined reference value that is indicative of a locked rotor.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ Offenlegungsschrift  
⑯ DE 199 56 104 A 1

⑯ Int. Cl. 7:  
H 02 P 6/00  
H 02 P 6/18

⑯ Aktenzeichen: 199 56 104.4  
⑯ Anmeldetag: 22. 11. 1999  
⑯ Offenlegungstag: 5. 10. 2000

⑯ Unionspriorität:  
281175 30. 03. 1999 US  
⑯ Anmelder:  
Dana Corp., Toledo, Ohio, US  
⑯ Vertreter:  
Berendt und Kollegen, 81667 München

⑯ Erfinder:  
Kalpathi, Ramani R., Ann Arbor, US; Szymanski, Peter T., Toledo, Ohio, US

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

⑯ Sensorlose Erfassung eines festgestellten Rotors eines Motors mit geschalteter Reluktanz

⑯ Es werden ein Verfahren und eine Schaltung zum Erfassen eines festgestellten Rotors in einem Motor mit geschalteter Reluktanz zur Verfügung gestellt. Das Verfahren enthält den Schritt zum Messen, bei einer vorbestimmten Frequenz, der Zeit, die für einen Strom im Motor erforderlich ist, zwischen vorbestimmten Strompegeln anzusteigen oder abzufallen, um dadurch eine Vielzahl von Abtast-Anstiegs- oder -Abfallzeiten zu erhalten. Das Verfahren enthält weiterhin den Schritt zum Vergleichen einer ersten und einer zweiten Abtastzeit der Vielzahl von Abtastzeiten, um einen Zeitvergleichswert zu erhalten, der eine Änderung in bezug auf die Position des Rotors anzeigen. Weil die Stromanstiegs- und -abfallzeiten eine Rotorposition anzeigen und sich mit ihr ändern, kann ein Vergleich mehrerer Anstiegs- oder Abfallzeiten dazu verwendet werden, eine Änderung in bezug auf die Position des Rotors anzugeben, und daher, ob der Rotor in Bewegung ist oder festgestellt ist. Das Verfahren kann schließlich den Schritt zum Vergleichen des Zeitvergleichswerts mit einem vorbestimmten Referenzwert enthalten, der einen festgestellten Rotor anzeigen.

DE 199 56 104 A 1

DE 199 56 104 A 1

## Beschreibung

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## 1. Gebiet der Erfindung

Diese Erfindung betrifft Motoren mit geschalteter Reluktanz und insbesondere ein Verfahren und eine Schaltung zum Erfassen eines festgestellten Rotors in einem Motor mit geschalteter Reluktanz.

## 2. Offenbarung des zugehörigen Standes der Technik

Ein herkömmlicher Motor mit geschalteter Reluktanz (SRM) enthält einen Stator mit einer Vielzahl von Paaren von diametral gegenüberliegenden Statorpolen und einen Rotor mit einer Vielzahl von Paaren von diametral gegenüberliegenden Rotorpolen. Wicklungen oder Spulen sind typischerweise um die Statorpole angeordnet, und die Wicklungen um irgendwelche zwei diametral gegenüberliegende Statorpole können in Reihe oder parallel geschaltet sein, um eine Motorphase des Mehrphasen-SRM zu definieren. Die Wicklungen, die zu einer Motorphase gehören, können Phasenspule genannt werden. Durch Erzeugen eines Stroms durch die Phasenspule werden Magnetfelder um die Statorpole aufgebaut, und ein Drehmoment wird erzeugt, das ein Paar von Rotorpolen in Ausrichtung mit den Statorpolen anzieht. Der Strom in den Phasenspulen wird in einer vorbestimmten Sequenz erzeugt, um ein konstantes Drehmoment am Rotor zu erzeugen. Die Periode, während welcher ein Strom zur Phasenspule geliefert wird – und die Rotorpole in Ausrichtung mit den Statorpolen gebracht werden – ist als "aktive Stufe" oder Leitungsintervall der Motorphase bekannt. Bei einer bestimmten Stelle – entweder dann, wenn die Rotorpole mit den Statorpolen ausgerichtet werden, oder bei irgendeiner Stelle davor – wird es wünschenswert, den Strom in der Phasenspule zu kommutieren, um zu verhindern, daß ein negatives Drehmoment oder ein Bremsmoment auf die Rotorpole wirkt. Wenn diese "Kommutationsstelle" einmal erreicht ist, wird in der Phasenspule kein Strom mehr erzeugt, und es wird zugelassen, daß der Strom von der Phasenspule dissipiert. Die Periode, während welcher zugelassen ist, daß Strom von der Phasenspule dissipiert, ist als "inaktive Stufe" der Motorphase bekannt.

Herkömmliche SRMs erfordern eine Einrichtung zum Erfassen eines Zustands, in welchem der Rotor des Motors trotz einer Fortführung einer Stromzufuhr zu den Motor-Phasenspulen eine Bewegung gestoppt hat oder "festgestellt" worden ist. Wenn der Rotor festgestellt wird, kann ein Fortführen einer Stromzufuhr veranlassen, daß sich die Steuerschaltung des Motors überhitzt, was in einer Beschädigung der Steuerschaltung und des Motors selbst resultieren kann. Herkömmliche Verfahren und Schaltungen zum Erfassen festgestellter Rotoren haben sich im allgemeinen auf die Verwendung von Positionssensoren gestützt. Die Verwendung von Positionssensoren ist jedoch nachteilig, weil Positionssensoren relativ groß sind, die Kosten des Motors und der Steuerschaltung erhöhen und nicht sehr zuverlässig sind.

Es gibt somit eine Notwendigkeit für ein Verfahren und eine Schaltung zum Erfassen eines festgestellten Rotors in einem Motor mit geschalteter Reluktanz, welche einen oder mehrere der oben angegebenen Nachteile minimieren oder eliminieren werden.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren und eine

Schaltung zum Erfassen eines festgestellten Motors in einem Motor, wie beispielsweise einem Motor mit geschalteter Reluktanz.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren und eine Schaltung zum Erfassen eines festgestellten Rotors zu schaffen, welche unter Verwendung relativ billiger integrierter Schaltungen implementiert werden können.

Das erforderliche Verfahren und die erforderliche Schaltung basieren auf dem Prinzip, daß Stromanstiegs- und -abfallzeiten in den Phasenspulen eines Motors mit geschalteter Reluktanz direkt proportional zum Pegel einer Induktanz in der Phasenspule sind und mit diesem variieren. Weil der Pegel einer Induktanz in der Phasenspule eine Rotorposition anzeigt, können Stromanstiegszeiten oder Stromabfallzeiten auch zum Anzeigen einer Rotorposition verwendet werden, und daher, ob der Rotor in Bewegung ist oder festgestellt ist.

Ein Verfahren zum Erfassen eines festgestellten Rotors in einem Motor gemäß der vorliegenden Erfindung enthält den Schritt zum Messen der Zeit für einen Strom im Motor zum Ansteigen oder Abfallen zwischen einem ersten und einem zweiten vorbestimmten Strompegel bei einer vorbestimmten Frequenz. Durch wiederholtes Messen der Zeit für den Strom zum Ansteigen oder Abfallen zwischen den vorbestimmten Strompegen wird eine Vielzahl von Abtastzeiten erhalten. Bei einem Ausführungsbeispiel der Erfindung stellt jede der Abtastzeiten der Stromanstiegs- oder -abfallzeit in einer einzelnen Phasenspule des Motors dar, und die vorbestimmte Frequenz wird so eingestellt, daß sichergestellt wird, daß die Abtastzeiten während eines einzigen Phasenintervalls gemessen werden (d. h. der Periode zwischen dem Start aufeinanderfolgender Leitungsintervalle in einer Motor-Phasenspule). Bei einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung stellen die Abtastzeiten die Stromanstiegs- oder -abfallzeit in verschiedenen Phasenspulen des Motors dar, und die vorbestimmte Frequenz wird derart eingestellt, daß sichergestellt wird, daß die Abtastzeiten während äquivalenter Perioden in Phasenintervallen entsprechend jeder der jeweiligen Phasenspulen gemessen werden.

Ein Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung kann auch den Schritt zum Vergleichen einer ersten und einer zweiten Abtastzeit der Vielzahl von Abtastzeiten enthalten, um einen Zeitvergleichswert zu erhalten. Der Zeitvergleichswert kann eine Änderung in bezug auf eine Rotorposition anzeigen, und daher, ob der Rotor festgestellt ist oder nicht. Beim ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird der Zeitvergleichswert anzeigen, daß der Rotor festgestellt ist, wenn der Zeitvergleichswert anzeigt, daß die Abtastzeiten äquivalent sind. Dies folgt aus der Tatsache, daß Stromanstiegs- oder -abfallzeiten allgemein während eines einzelnen Phasenintervalls variieren, wenn der Rotor in Bewegung ist. Beim zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird der Zeitvergleichswert anzeigen, daß der Rotor festgestellt ist, wenn der Zeitvergleichswert anzeigt, daß die Abtastzeiten unterschiedlich sind. Dies folgt aus der Tatsache, daß Stromanstiegs- oder -abfallzeiten, die bei äquivalenten Stellen innerhalb mehrerer Phasenintervalle gemessen werden, nahezu gleich sind, wenn der Rotor in Bewegung ist.

Ein Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung kann schließlich den Schritt zum Vergleichen des Zeitvergleichswerts mit einem vorbestimmten Referenzwert enthalten. Aufgrund von Variationen in bezug auf die Zeit einer Messung und anderer Variablen kann der Referenzwert zum Anzeigen verwendet werden, ob die relative Differenz oder Gleichheit, die durch den Zeitvergleichswert gezeigt wird, einen festgestellten Rotor anzeigen.

Eine Schaltung zum Erfassen eines festgestellten Rotors in einem Motor gemäß der vorliegenden Erfindung enthält eine Einrichtung zum Messen der Zeit für einen Strom im

Motor bei einer vorbestimmten Frequenz, um sich zwischen einem ersten und einem zweiten vorbestimmten Strompegel zu bewegen. Wiederum wird durch wiederholtes Messen der Zeit für den Strom zum Bewegen zwischen den vorbestimmten Pegeln eine Vielzahl von Abtastzeiten erhalten. Die Schaltung kann auch eine Einrichtung zum Vergleichen einer ersten und einer zweiten Abtastzeit der Vielzahl von Abtastzeiten enthalten, um einen Zeitvergleichswert zu erhalten, der eine Änderung in bezug auf die Position des Rotors anzeigt, und eine Einrichtung zum Vergleichen des Zeitvergleichswerts mit einem vorbestimmten Referenzwert.

Eine Schaltung und ein Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung können unter Verwendung relativ kleiner, billiger und zuverlässiger integrierter Schaltungen implementiert werden. Als Ergebnis benötigen das erfundene Verfahren und die erfundene Schaltung weniger Platz, sind weniger teuer und sind zuverlässiger als herkömmliche Verfahren und Schaltungen zum Erfassen festgestellter Rotoren.

Diese und andere Merkmale und Aufgaben dieser Erfindung werden einem Fachmann auf dem Gebiet aus der folgenden detaillierten Beschreibung und den beigefügten Zeichnungen, die Merkmale dieser Erfindung anhand eines Beispiels darstellen, klar werden.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist eine perspektivische Explosionsansicht eines herkömmlichen Motors mit geschalteter Reluktanz.

Fig. 2 ist eine Querschnittsansicht eines herkömmlichen Motors mit geschalteter Reluktanz.

Fig. 3 ist eine Kombination aus einem schematischen und einem Blockdiagramm, die eine Schaltung zum Erfassen eines festgestellten Rotors gemäß der vorliegenden Erfindung darstellt.

Fig. 4A-B sind Zeitdiagramme, die die Beziehung zwischen einer Stromanstiegszeit, einer Induktanz und einer Rotorposition darstellen.

Fig. 4C-D sind Zeitdiagramme, die die Beziehung zwischen einer Stromanstiegszeit, einer Induktanz und dem Verstreichen von Zeit in einem Motor mit einem festgestellten Rotor darstellen.

Fig. 5 A-B sind Flußdiagramme, die ein Verfahren zum Erfassen eines festgestellten Rotors gemäß der vorliegenden Erfindung darstellen.

Fig. 6A-J sind Zeitdiagramme, die ein Verfahren zum Erfassen eines festgestellten Rotors gemäß der vorliegenden Erfindung darstellen.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DES BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSBEISPIELS

Nimmt man nun Bezug auf die Zeichnungen, wobei gleiche Bezugszeichen zum Identifizieren identischer Komponenten in den verschiedenen Ansichten verwendet sind, stellen die Fig. 1 und 2 einen herkömmlichen Motor 10 mit geschalteter Reluktanz dar. Obwohl der dargestellte Motor ein Motor mit geschalteter Reluktanz ist, sollte verstanden werden, daß die Erfindung, wie sie hierin offenbart ist, auf andere Motoren angewendet werden könnte, wie es im Stand der Technik bekannt ist. Der Motor 10 enthält eine Rotoranordnung 12 und eine Statoranordnung 14, von welchen beide um eine Achse 16 zentriert sein können. Eine repräsentative Motorphase 18 ist durch einen gestrichelten Kasten gezeigt, während die anderen zwei Motorphasen nicht gezeigt sind. Obwohl das dargestellte Ausführungsbeispiel drei Motorphasen 18 enthält, wird es von Fachleuten auf dem Gebiet verstanden werden, daß die Anzahl von Motor-

phasen 18 variieren kann.

Die Rotoranordnung 12 ist vorgesehen, um eine Last (nicht gezeigt) zu bewegen, die mit der Rotoranordnung 12 verbunden ist. Die Anordnung 12 enthält eine Welle 20 und einen Rotor 22, der um die Welle 20 angeordnet ist. Die Welle 20 ist vorgesehen, um entweder mit der Last oder einer anderen Einrichtung zum Eingreifen mit der Last in Eingriff zu gelangen. Die Welle 20 erstreckt sich in Längsrichtung entlang der Achse 16 und kann um die Achse 16 zentriert sein. Der Rotor 22 ist vorgesehen, um der Welle 20 eine Drehung zuzuteilen, und ist zu einer Drehung in Uhrzeigerrichtung oder in Gegenuhrzeigerrichtung fähig. Der Rotor 22 kann aus einem Material mit einer relativ niedrigen magnetischen Reluktanz hergestellt sein, wie beispielsweise aus Eisen. Der Rotor 22 kann um die Achse 16 zentriert sein und kann eine Keilwellennute oder einen Keil (nicht gezeigt) enthalten, die oder der derart konfiguriert ist, daß sie oder er in eine Keilnut (nicht gezeigt) in der Welle 20 eingelegt wird. Der Rotor 22 enthält eine Vielzahl von sich radial nach außen erstreckenden Rotorpolen 24, die als diametral gegenüberliegende Rotorpolpaare a-a', b-b' konfiguriert sind. Jeder der Pole 24 ist im Querschnitt allgemein rechteckförmig und kann einen oder mehrere sich radial nach außen erstreckende Zähne enthalten, wie es im Stand der Technik bekannt ist. Es wird von Fachleuten auf dem Gebiet verstanden werden, daß die Anzahl von Polen 24 des Rotors 22 variiert kann.

Die Statoranordnung 14 ist vorgesehen, um ein Drehmoment zu erzeugen, um eine Drehung der Rotoranordnung 12 zu veranlassen. Die Statoranordnung 14 kann eine Vielzahl von Laminierungen 26 aufweisen, die aus einem Material, wie beispielsweise aus Eisen, mit einer relativ niedrigen magnetischen Reluktanz gebildet sind. Die Anordnung 14 enthält eine Vielzahl von sich radial nach innen erstreckenden Polen 28, die als diametral gegenüberliegende Statorpolpaare A-A', B-B', C-C' konfiguriert sind. Jedes Paar der Statorpole 28 ist vorgesehen, um ein entsprechendes Paar von Rotorpolen 24 der Rotoranordnung 12 anzuziehen und um dadurch eine Drehung der Rotoranordnung 12 zu veranlassen. Die Pole 28 sind im Querschnitt allgemein rechteckförmig und können einen oder mehrere sich radial nach innen erstreckende Zähne (nicht gezeigt) enthalten, wie es im Stand der Technik bekannt ist. Die Pole 28 können sich entlang der axialen Länge der Statoranordnung 14 erstrecken und eine Bohrung 30 definieren, die geeignet ist, die Rotoranordnung 12 aufzunehmen. Es wird von Fachleuten auf dem Gebiet verstanden werden, daß die Anzahl von Statorpolen 28 variiert kann.

Eine Drehung der Rotoranordnung 12 wird durch Initiieren und späteres Kommutieren in einer vorbestimmten Sequenz von Leitungszyklen in Phasenspulen 32, 34, 36 erzeugt, die jedes Statorpolpaar umgeben. Die Phasenspulen 32, 34, 36 sind durch Schalten von Wicklungen an diametral gegenüberliegenden Statorpolen 28 in Reihe oder parallel ausgebildet. Wenn eine der Phasenspulen 32, 34, 36 beginnt, einen Strom zu führen, wird das nächste Rotorpolpaar in Richtung zum Statorpolpaar magnetisch angezogen, um welches die erregte Phasenspule gewickelt ist. Durch Initiieren und Kommutieren von Leitungszyklen in Phasenspulen, die aufeinanderfolgende Statorpolpaare umgeben, kann ein relativ konstantes Drehmoment erzeugt werden.

Nimmt man nun Bezug auf die Fig. 3, ist eine Schaltung 38 zum Steuern des Motors 10 und zum Erfassen eines festgestellten Rotors 22 (oder irgendeiner anderen Komponente der Rotoranordnung 12) gemäß der vorliegenden Erfindung dargestellt. Die Schaltung 38 kann Einrichtungen enthalten, wie beispielsweise Schalter 40, 42 zum selektiven Liefern von Strom zur Phasenspule 32, Dioden 44, 46, eine Treiber-

schaltung 48, einen Kondensator 50 und eine Steuerung 52. Gemäß der vorliegenden Erfindung kann die Schaltung 38 auch folgendes enthalten: eine Einrichtung, wie beispielsweise eine Zeitmeßschaltung 54 zum Messen der Zeit, die für einen Strom in der Spule 32 zum Ansteigen oder Abfallen zwischen einem Paar von vorbestimmten Strompegeln erforderlich ist, und eine Einrichtung, wie beispielsweise die Steuerung 52, die unter der Steuerung eines Satzes von Programmierbefehlen (d. h. Software) zum Vergleichen der gemessenen Anstiegs- oder Abfallzeiten miteinander und mit einem vorbestimmten Referenzwert, der einen festgestellten Rotor 22 anzeigt, arbeitet. Die Schaltung 38 repräsentiert ein Ersatzschaltbild für eine Motorphase 18 des Motors 10. Es sollte jedoch verstanden werden, daß Teile der Schaltung 38, wie beispielsweise die Steuerung 52, einen Teil von zusätzlichen Motorphasen 18 bilden kann.

Die Schalter 40, 42 sind vorgesehen, um eine Leistungsversorgung 56 mit der Phasenspule 32 selektiv zu koppeln, um die Spule 32 zu erregen und zu entregen. Die Schalter 40, 42 sind im Stand der Technik herkömmlich und können irgendeine einer Vielzahl von Formen annehmen, die im Stand der Technik wohlbekannt sind. Beispielsweise können die Schalter 40, 42 MOSFETs sein. Der Schalter 40 ist mit einem ersten Ende der Spule 32 in Reihe zur Spule 32 geschaltet. Der Schalter 42 ist mit einem zweiten Ende der Spule 32 auch in Reihe zur Spule 32 geschaltet. Die Schalter 40, 42 antworten auf verschiedene Steuersignale, wie beispielsweise ein Phasensteuersignal  $V_{C(A)}$ , die durch die Steuerung 52 erzeugt werden.

Die Dioden 44, 46 sind vorgesehen, um das Dissipieren von Strom von der Spule 32 zu steuern, und insbesondere um den Strom in der Spule 32 zum Kondensator 50 und zur Leistungsversorgung 56 zurückzubringen. Die Dioden 44, 46 sind im Stand der Technik herkömmlich. Die Diode 44 kann zur Reihenschaltung des Schalters 40 und der Spule 32 parallelgeschaltet sein. Die Diode 46 kann zur Reihenschaltung des Schalters 42 und der Spule 32 parallelgeschaltet sein.

Die Treiberschaltung 48 ist vorgesehen, um den Spannungspegel des Phasensteuersignals  $V_{C(A)}$  auf eine herkömmliche Weise einzustellen, um unterschiedliche Toleranzen und Anforderungen bei den Komponenten der Schaltung 38 zu berücksichtigen. Die Treiberschaltung 48 kann auch vorgesehen sein, um den Strom innerhalb der Spule 32 während eines Leitungsintervalls in der Spule 32 innerhalb eines Hysterese-Strombereichs zu steuern.

Der Kondensator 50 ist vorgesehen, um die elektrische Energie zu speichern, die von der Spule 32 dissipiert wird, wenn einer der Schalter 40, 42 geöffnet ist. Der Kondensator 50 ist im Stand der Technik herkömmlich und kann eine erste Platte aufweisen, die mit einem gemeinsamen Knoten 58 verbunden ist, und eine zweite Platte, die mit einem gemeinsamen Knoten 60 verbunden ist.

Die Steuerung 52 ist vorgesehen, um Leitungszyklen in jeder Motorphase 18 des Motors 10 zu initiieren und zu kommutieren. Gemäß der vorliegenden Erfindung ist die Steuerung 52 auch als Einrichtung zum Vergleichen der Stromanstiegs- und -abfallzeiten, die durch die Zeitmeßschaltung 54 gemessen werden, um einen Zeitvergleichswert zu erhalten, und als Einrichtung zum Vergleichen des Zeitvergleichswerts mit einem vorbestimmten Referenzwert, der einen festgestellten Rotor 22 anzeigt, vorgesehen. Die Steuerung 52 ist im Stand der Technik herkömmlich und kann entweder diskrete Schaltkreise oder eine programmierbare Mikrosteuerung aufweisen. Die Steuerung 52 erzeugt Phasensteuersignale, wie beispielsweise das Phasensteuersignal  $V_{C(A)}$ , um die Initiierung und die Kommutierung des Leitungsintervalls in jeder Motorphase 18 zu steuern. Die

Steuerung kann auch untere und obere Strompegelsignale  $V_L$  bzw.  $V_U$  erzeugen, die durch die Zeitmeßschaltung 54 auf die hierin nachfolgend beschriebene Weise verwendet werden.

5 Die Zeitmeßschaltung 54 ist vorgesehen, um die Zeit für einen Strom in der Spule 32 zum Ansteigen oder Abfallen zwischen vorbestimmten unteren und oberen Strompegeln zu messen. Die Schaltung 54 kann eine Einrichtung enthalten, wie beispielsweise einen Lesewiderstand 62 und einen 10 Leseverstärker 64, zum Erzeugen eines Stroms, der ein Signal  $V_{I(A)}$  anzeigt, das den Pegel des Stroms in der Spule 32 anzeigt. Die Schaltung kann auch Komparatoren 66, 68 und eine Logikschaltung 70 enthalten.

Der Lesewiderstand 62 ist vorgesehen, um ein Signal zu 15 erzeugen, das den Pegel des Stroms in der Spule 32 anzeigt, und ist im Stand der Technik herkömmlich. Der Widerstand 62 ist mit dem Schalter 42 in Reihe geschaltet und hat ein Ende mit dem Knoten 60 verbunden. Es wird von Fachleuten auf dem Gebiet verstanden werden, daß eine Vielfalt von 20 herkömmlichen Stromsensoren anstelle des Widerstands 62 verwendet werden könnte, einschließlich, aber nicht darauf beschränkt, von Halleffekt-Stromsensoren.

Der Verstärker 64 ist vorgesehen, um das durch den Lese- 25 sensor 62 erzeugte Signal in einen Strom umzuwandeln, der das Signal  $V_{I(A)}$  anzeigt. Der Verstärker 64 ist auch im Stand der Technik herkömmlich.

Die Komparatoren 66, 68 sind vorgesehen, um den Pegel 30 des Stroms in der Spule 32 – wie er durch das Stromanzeigesignal  $V_{I(A)}$  angezeigt wird – mit vorbestimmten oberen und unteren Strompegeln – wie sie durch jeweilige Strom- 35 pegelsignale  $V_U$  und  $V_L$  dargestellt sind – zu vergleichen. Die Komparatoren 66, 68 sind im Stand der Technik herkömmlich. Der positive Eingang des Komparators 66 antwortet auf das obere Strompegelsignal  $V_U$ , das durch die 40 Steuerung 52 erzeugt wird, während der negative Eingang des Komparators 66 auf das Stromanzeigesignal  $V_{I(A)}$  antwortet, das durch den Verstärker 64 erzeugt wird. Der Komparator 66 gibt ein Vergleichssignal  $V_{C1(A)}$  aus, das anzeigt, ob der Pegel des Stroms in der Spule 32 kleiner als oder größer als ein vorbestimmter oberer Strompegel – der durch das 45 Strompegelsignal  $V_U$  dargestellt wird – ist. Der positive Eingang des Komparators 68 antwortet auf das Stromanzeigesignal  $V_{I(A)}$ , das durch den Verstärker 64 erzeugt wird, während der negative Eingang des Komparators 68 auf das 50 Strompegelsignal  $V_L$  antwortet, das durch die Steuerung 52 erzeugt wird. Der Komparator 68 gibt ein Vergleichssignal  $V_{C2(A)}$  aus, das anzeigt, ob der Pegel des Stroms in der Spule 32 kleiner als oder größer als ein vorbestimmter unterer Strompegel – der durch das Strompegelsignal  $V_L$  dargestellt wird – ist.

Die Logikschaltung 70 ist vorgesehen, um ein Zeitgabesignal  $V_{T(A)}$  zu erzeugen, das die Zeit anzeigt, die für den Strom in der Spule 32 zum Ansteigen oder Abfallen zwischen den vorbestimmten unteren und oberen Strompegeln 55 erforderlich ist. Die Schaltung 70 ist im Stand der Technik herkömmlich und weist beim dargestellten Ausführungsbeispiel ein UND-Gatter auf. Es sollte jedoch verstanden werden, daß andere Gatter-Konfigurationen ohne Abweichen vom Sinninhalt der vorliegenden Erfindung implementiert 60 werden können. Die Schaltung 70 erzeugt das Zeitgabesignal  $V_{T(A)}$  in Antwort auf das Phasensteuersignal  $V_{C(A)}$  und die Vergleichssignale  $V_{C1(A)}$  und  $V_{C2(A)}$ .

Nimmt man nun Bezug auf die Fig. 4A–D, wird das Prinzip beschrieben, auf welchem die erforderliche Schaltung 65 und das erforderliche Verfahren basieren. Wie es im Stand der Technik bekannt ist, kann eine Phaseninduktanz dazu verwendet werden, die Position des Rotors 22 abzuschätzen. Wie es in Fig. 4A gezeigt ist, wächst der Pegel der Induk-

tanz in jeder Motorphase 18 linear an, wenn sich ein Paar von Rotorpolen 24 einem entsprechenden Paar von Statorpolen 28 nähert. Die Induktanz erreicht ein Maximum, wenn die Rotorpole 24 und die Statorpole 28 ausgerichtet sind, und fällt dann linear ab, wenn sich die Rotorpole 24 über die Statorpole 28 hinaus bewegen. Nimmt man nun Bezug auf Fig. 4C, ist bei einem Motor mit einem stationären oder festgestellten Rotor der Pegel der Induktanz in jeder Motorphase des Motors über der Zeit konstant. Wie die Fig. 4A und 4C jeweils eine Induktanz als Funktion einer Rotorposition bei einem sich bewegenden Rotor und einer Zeit bei einem stationären Rotor zeigen, zeigen die Fig. 4B und 4D jeweils eine Stromanstiegszeit als Funktion einer Rotorposition bei einem sich bewegenden Rotor und einer Zeit bei einem stationären Rotor. Nimmt man Bezug auf Fig. 4b, wächst die Zeitperiode, die für den Strom zum Ansteigen zwischen den zwei vorbestimmten Strompegeln erforderlich ist, wenn sich ein Paar von Rotorpolen 24 einem entsprechenden Paar von Statorpolen 28 nähert, linear an. Wenn die Rotorpole mit den Statorpolen ausgerichtet sind, ist ein maximaler Betrag an Zeit für den Strom zum Ansteigen zwischen den zwei vorbestimmten Strompegeln erforderlich. Wenn sich die Rotorpole über die Statorpole hinausbewegen, fällt die erforderliche Zeit linear ab. Nimmt man nun Bezug auf Fig. 4B, ist bei einem Motor mit einem stationären oder festgestellten Rotor die Zeit, die für einen Strom in einer Phasenspule des Motors zum Ansteigen zwischen zwei vorbestimmten Strompegeln erforderlich ist, über der Zeit konstant. Es sollte verstanden werden, daß, obwohl die Fig. 4B und 4D eine Stromanstiegszeit darstellen, die hierin beschriebenen Prinzipien gleichermaßen auf eine Stromabfallzeit anwendbar sind.

Wie es in den Fig. 4A-D gezeigt ist, ist die Zeit, die für einen Strom in einer Motor-Phasenspule zum Ansteigen oder Abfallen zwischen zwei vorbestimmten Pegeln erforderlich ist, direkt proportional zur Induktanz der Phasenspule. Als Ergebnis liefert ein Messen der Stromanstiegszeit oder der Stromabfallzeit eine Abschätzung der Rotorposition. Weiterhin können deshalb, weil sich die Induktanz und die Stromanstiegs- und -abfallzeiten ändern, wenn sich die Rotorposition ändert, an diskreten Stellen zu einer Zeit gemessene Stromanstiegs- und -abfallzeiten verwendet werden, um zu bestimmen, ob der Rotor in Bewegung ist und statio-när (d. h. festgestellt) ist.

Nimmt man nun Bezug auf Fig. 5 A, wird ein Verfahren zum Erfassen eines festgestellten Rotors 22 in einem Motor 10 gemäß der vorliegenden Erfindung beschrieben. Das Verfahren kann den Schritt 72 zum Messen der Zeit für einen Strom im Motor 10 zum Bewegen zwischen vorbestimmten unteren und oberen Strompegeln bei einer vorbestimmten Frequenz enthalten. Nimmt man nun Bezug auf Fig. 5B, kann der Schritt 72 den Unterschritt 74 zum Erfassen eines Pegels eines Stroms in der Phasenspule 32 des Motors 10 enthalten. Wie es hierin oben unter Bezugnahme auf Fig. 3 diskutiert ist, wird der Pegel des Stroms in der Spule 32 unter Verwendung des Lesewiderstands 62 und des Verstärkers 64 bestimmt, die in Kombination ein Stromanzeigesignal  $V_{I(A)}$  – in Fig. 6A gezeigt – erzeugen, das den Pegel des Stroms in der Spule 32 anzeigt.

Fig. 6A stellt den Pegel des Stromanzeigesignals  $V_{I(A)}$  über der Zeit dar. Es sollte jedoch verstanden werden, daß die Spannung, die Zeit und andere Werte, die in den Fig. 6A-J dargestellt sind, nicht aktuelle Werte ausdrücken sollen, sondern statt dessen die vorliegende Erfindung darstellen sollen. Wie es in Fig. 6A gezeigt ist, kann jedes Phasenintervall 76 der Phasenspule 32 ein Leitungsintervall 78 enthalten (während welchem ein ein Drehmoment erzeugender Strom zur Phasenspule 32 geliefert wird), und eine Vielzahl

von Abtastintervallen 80, 82 (während welchen Stromimpulse für den Zweck eines Messens einer Stromanstiegs- oder -abfallzeit und eines Erfassens eines festgestellten Rotors 22 zur Phasenspule 32 geliefert werden).

- 5 Nimmt man wiederum Bezug auf Fig. 5B, kann der Schritt 72 auch den Unterschritt 84 zum Vergleichen des Pegels des Stroms in der Spule 32 mit vorbestimmten oberen und unteren Strompegeln enthalten. Wie es oben unter Bezugnahme auf Fig. 3 beschrieben ist, erzeugen die Komparatoren 66, 68 Vergleichssignale  $V_{C1(A)}$  bzw.  $V_{C2(A)}$  in Antwort auf das Stromanzeigesignal  $V_{I(A)}$  und die oberen und unteren Strompegelsignale  $V_U$  und  $V_L$ . Insbesondere nimmt das Vergleichssignal  $V_{C1(A)}$ , wie es in Fig. 6B gezeigt ist, einen ersten logischen Zustand an, wann immer der Pegel des Stroms in der Spule 32 (wie es durch das Stromanzeigesignal  $V_{I(A)}$  angezeigt wird) kleiner als ein vorbestimmter oberer Strompegel (der durch das obere Strompegelsignal  $V_U$  angezeigt wird) ist, und einen zweiten logischen Zustand, wann immer der Pegel des Stroms in der Spule 32
- 10 größer als der vorbestimmte obere Strompegel ist. Wie es in Fig. 6C gezeigt ist, nimmt das Vergleichssignal  $V_{C2(A)}$  einen ersten logischen Zustand an, wann immer der Pegel des Stroms in der Spule 32 (wie er durch das Stromanzeigesignal  $V_{I(A)}$  angezeigt wird) größer als ein vorbestimmter unterer Strompegel (der durch das untere Strompegelsignal  $V_L$  angezeigt wird) ist, und einen zweiten logischen Zustand, wann immer der Pegel des Stroms in der Spule 32 kleiner als der vorbestimmte untere Strompegel ist. Der vorbestimmte untere Strompegel wird vorzugsweise auf einen Pegel eingestellt, der hoch genug ist, um ein falsches Auslösen des Komparators 68 aufgrund eines Signalrauschens zu verhindern.
- 15
- 20
- 25
- 30

- 35 Nimmt man wiederum Bezug auf Fig. 5B, kann der Schritt 72 schließlich den Unterschritt 86 zum Erzeugen eines Zeitgabesignals  $V_{T(A)}$  enthalten, das die Zeit anzeigt, die für den Strom in der Spule 32 zum Ansteigen oder Abfallen zwischen den vorbestimmten unteren und oberen Strompegeln erforderlich ist. Wie es hierin oben unter Bezugnahme auf Fig. 3 beschrieben ist, kann die Logikschaltung 70 zum Erzeugen des Zeitgabesignals  $V_{T(A)}$  in Antwort auf die Vergleichssignale  $V_{C1(A)}$  und  $V_{C2(A)}$  und ein Phasensteuersignal  $V_{C(A)}$  verwendet werden. Das Phasensteuersignal  $V_{C(A)}$  kann dazu verwendet werden, sicherzustellen, daß die gemessene Anstiegs- oder Abfallzeit nur bei ausgewählten Intervallen zur Steuerung 52 geliefert wird (d. h. während denjenigen Zeitperioden, in welchen ein Strom gerade zur Phasenspule 32 für ein Leiten oder eine Zeitabtastung geliefert wird). Gleichermaßen kann ein zusätzliches Auswahlsignal durch die Steuerung 52 erzeugt werden, und zur Schaltung 70 anstelle von oder zusammen mit dem Phasensteuersignal  $V_{C(A)}$  zugeführt werden, um sicherzustellen, daß die gemessene Anstiegs- oder Abfallzeit zur Steuerung 52 nur während Abtastintervallen 80, 82 geliefert wird (d. h. was gegensätzlich zu während Leitungsintervallen, wie beispielsweise dem Intervall 78 ist). Das Phasensteuersignal  $V_{C(A)}$  kann teilweise während der Abtastintervalle 80, 82 durch das Zeitgabesignal  $V_{T(A)}$  gesteuert werden. Insbesondere kann das Phasensteuersignal  $V_{C(A)}$  logische Zustände in Antwort auf die Abfallflanke des Zeitgabesignals  $V_{T(A)}$  ändern (was die Beendigung einer Zeitmessung signalisiert), um dadurch den Zeitabtast-Stromimpuls zu beenden.
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60

- 65 Die Unterschritte 74, 84 und 86 können mit einer vorbestimmten Frequenz wiederholt werden, um mehrere Stromanstiegs- oder -abfallzeiten zu erhalten. Bei einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung wird die Anstiegs- oder Abfallzeit des Stroms in einer einzelnen Phasenspule 32 während mehrerer Abtastintervalle innerhalb eines einzigen Phasenintervalls wiederholt gemessen. Gemäß den Fig. 6A

und 6E kann die Stromanstiegszeit während der Abtastintervalle 80, 82 des Phasenintervalls 76 gemessen werden, um Abtastzeiten  $t_1$  und  $t_2$  zu erhalten. Weil die Abtastzeiten  $t_1$  und  $t_2$  während einem einzigen Phasenintervall 76 gemessen werden, sollte die vorbestimmte Frequenz größer als die Kommutationsfrequenz des Motors sein (d. h. die Frequenz, bei welcher Leitungsintervalle und daher Phasenintervalle innerhalb einer Phasenspule des Motors initiiert oder kommutiert werden). Bei einem zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung werden die Stromanstiegs- oder -abfallzeiten während entsprechender Abtastintervalle in mehreren Phasenintervallen gemessen (wobei ein jeweiliges Phasenintervall zu einer anderen Phasenspule gehört). Gemäß den Fig. 6A und 6E kann die Stromanstiegszeit in der Phasenspule 32 während des Abtastintervalls 80 des Phasenintervalls 76 gemessen werden, um eine Abtastzeit  $t_1$  zu erhalten. Gemäß den Fig. 6F und 6J kann die Stromanstiegszeit in der Phasenspule 34 dann während einem entsprechenden Abtastintervall 88 des Phasenintervalls 90 gemessen werden, um eine Abtastzeit  $t_3$  zu erhalten. Weil die Abtastzeiten  $t_1$ ,  $t_3$  während äquivalenter Intervalle 80, 88 unterschiedlicher Phasenintervalle 76, 90 gemessen werden, sollte die vorbestimmte Frequenz im wesentlichen gleich der Kommutationsfrequenz des Motors sein.

Nimmt man wiederum Bezug auf Fig. 5 A, kann ein Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung auch den Schritt 92 zum Vergleichen einer ersten Abtastzeit mit einer zweiten Abtastzeit enthalten, um einen Zeitvergleichswert  $T_C$  zu erhalten, der eine Änderung in bezug auf eine Position des Rotors 22 anzeigt, und daher, ob der Rotor 22 festgestellt ist oder nicht. Insbesondere kann der Schritt 92 den Unterschritt zum Subtrahieren einer der ersten und der zweiten Abtastzeiten von einer anderen der ersten und der zweiten Abtastzeiten enthalten. Beim ersten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann der Zeitvergleichswert  $T_C$  einen festgestellten Rotor 22 anzeigen, wo der Zeitvergleichswert  $T_C$  anzeigt, daß die Differenz zwischen den zwei Abtastzeiten  $t_1$  und  $t_2$  relativ niedrig ist. Weil die Abtastzeiten  $t_1$  und  $t_2$  beim ersten Ausführungsbeispiel während demselben Phasenintervall 76 erhalten werden – und die Stromanstiegs- oder -abfallzeiten  $t_1$  und  $t_2$  sich während einem einzigen Phasenintervall 78 ändern sollten, wenn der Rotor 22 in Bewegung ist (wie es hierin oben unter Bezugnahme auf die Fig. 4A und 4B beschrieben und in Fig. 6A dargestellt ist) – kann eine kleine Differenz zwischen den Abtastzeiten  $t_1$  und  $t_2$  einen festgestellten Rotor 22 anzeigen. Beim zweiten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann der Zeitvergleichswert  $T_C$  einen festgestellten Rotor 22 anzeigen, wo der Zeitvergleichswert  $T_C$  anzeigt, daß die Differenz zwischen den Abtastzeiten  $t_1$  und  $t_2$  relativ hoch ist. Weil die Abtastzeiten  $t_1$  und  $t_2$  beim zweiten Ausführungsbeispiel während entsprechender Abtastintervalle 78, 88 in unterschiedlichen Phasenintervallen 76, 90 erhalten werden – und die Stromanstiegs- oder -abfallzeiten  $t_1$  und  $t_3$  während solcher entsprechender Abtastintervalle 78, 88 relativ gleich sein sollten, wenn der Rotor 22 in Bewegung ist (wie es in den Fig. 6A und 6F dargestellt ist) – kann eine große Differenz zwischen den Abtastzeiten  $t_1$  und  $t_3$  einen festgestellten Rotor 22 anzeigen.

Schließlich kann ein Verfahren gemäß der vorliegenden Erfindung auch den Schritt 94 zum Vergleichen des Zeitvergleichswerts  $T_C$  mit einem vorbestimmten Referenzwert  $T_{REF}$  enthalten, der einen festgestellten Rotor 22 anzeigt. Aufgrund von Variationen in bezug auf die Zeit einer Messung und von anderen Faktoren kann die Differenz zwischen zwei Abtastzeiten, die im Zeitvergleichswert  $T_C$  berücksichtigt sind, nicht immer ausreichend sein, um einen festgestellten Rotor 22 anzuzeigen. Demgemäß kann der Refe-

renzwert  $T_{REF}$  dazu verwendet werden, anzuzeigen, ob die relative Differenz oder Gleichheit, die durch den Zeitvergleichswert  $T_C$  gezeigt wird, einen festgestellten Rotor 22 anzeigt. Beim ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung 5 kann der Schritt 94 dann den Unterschritt zum Bestimmen enthalten, ob der Absolutwert des Zeitvergleichswerts  $T_C$  größer als der Referenzwert  $T_{REF}$  ist. Wenn der Absolutwert des Zeitvergleichswerts  $T_C$  kleiner als der Referenzwert  $T_{REF}$  ist, dann kann der Rotor 22 stationär oder festgestellt 10 sein. Beim zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung kann der Schritt 94 den Unterschritt zum Bestimmen enthalten, ob der Absolutwert des Zeitvergleichswerts  $T_C$  kleiner als der Referenzwert  $T_{REF}$  ist. Wenn der Absolutwert des Zeitvergleichswerts  $T_C$  größer als der Referenzwert  $T_{REF}$  ist, dann kann der Rotor 22 stationär oder festgestellt sein.

Die Schritte 72, 92 und 94 des erforderlichen Verfahrens können eine Vielzahl von Malen wiederholt werden, um kontinuierlich den Zustand des Rotors 22 zu verifizieren. Bei jedem Ausführungsbeispiel der Erfindung können die 20 Abtastzeiten wiederholt mit der ersten gemessenen Abtastzeit  $t_1$  oder mit einer neueren und früheren Abtastzeit verglichen werden.

Ein Verfahren und eine Schaltung gemäß der vorliegenden Erfindung stellen eine Verbesserung gegenüber herkömmlichen Verfahren und Schaltungen zum Erfassen festgestellter Rotoren dar, weil die erforderliche Schaltung und das erforderliche Verfahren unter Verwendung relativ kleiner, billiger und zuverlässiger integrierter Schaltungen implementiert werden können. Diese Schaltungen werden die 25 Gesamtgröße und die Kosten des Motors aufgrund des Fehlens von Positionssensoren reduzieren und werden die Zuverlässigkeit des Motors erhöhen.

Während die Erfindung insbesondere unter Bezugnahme auf ihre bevorzugten Ausführungsbeispiele gezeigt und beschrieben worden ist, wird es von Fachleuten auf dem Gebiet wohl verstanden, daß verschiedene Änderungen und Modifikationen in bezug auf die Erfindung durchgeführt werden können, ohne vom Sinngehalt und Schutzmfang der Erfindung abzuweichen.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Erfassen eines festgestellten Rotors in einem Motor, das folgende Schritte aufweist:

Messen, bei einer vorbestimmten Frequenz, der Zeit für einen Strom im Motor zum Bewegen zwischen einem ersten vorbestimmten Strompegel und einem zweiten vorbestimmten Strompegel, wodurch eine Vielzahl von Abtastzeiten erhalten wird; und Vergleichen einer ersten Abtastzeit der Vielzahl von Abtastzeiten mit einer zweiten Abtastzeit der Vielzahl von Abtastzeiten, um einen Zeitvergleichswert zu erhalten,

wobei der Zeitvergleichswert eine Änderung in bezug auf die Position des Rotors anzeigt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Meßschritt die folgenden Unterschritte enthält:

Erfassen bzw. Lesen eines Pegels des Stroms in einer Phasenspule des Motors;

Vergleichen des Pegels des Stroms mit dem ersten vorbestimmten Strompegel;

Vergleichen des Pegels des Stroms mit dem zweiten vorbestimmten Strompegel; und

Erzeugen eines Zeitgabesignals, das eine der Vielzahl von Abtastzeiten anzeigt.

3. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Schritt zum Vergleichen der ersten Abtastzeit mit der zweiten Abtastzeit den Unterschritt zum Subtrahieren einer der er-

sten und der zweiten Abtastzeit von einer anderen der ersten und der zweiten Abtastzeit enthält.

4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die vorbestimmte Frequenz größer als eine Kommutationsfrequenz des Motors ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die vorbestimmte Frequenz im wesentlichen gleich einer Kommutationsfrequenz des Motors ist.

6. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die erste Abtastzeit der Zeit für den Strom zum Bewegen zwischen dem ersten und dem zweiten vorbestimmten Strompegel in einer ersten Phasenspule des Motors während einem ersten Abtastintervall entspricht und die zweite Abtastzeit der Zeit für den Strom zum Bewegen zwischen dem ersten und dem zweiten vorbestimmten Strompegel in der ersten Phasenspule während einem zweiten Abtastintervall entspricht.

7. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die erste Abtastzeit der Zeit für den Strom zum Bewegen zwischen dem ersten und dem zweiten vorbestimmten Strompegel in einer ersten Phasenspule des Motors entspricht und die zweite Abtastzeit der Zeit für den Strom zum Bewegen zwischen dem ersten und dem zweiten vorbestimmten Strompegel in einer zweiten Phasenspule des Motors entspricht.

8. Verfahren zum Erfassen eines festgestellten Rotors in einem Motor, das folgende Schritte aufweist:  
Messen, bei einer vorbestimmten Frequenz, der Zeit für einen Strom im Motor zum Bewegen zwischen einem ersten vorbestimmten Strompegel und einem zweiten vorbestimmten Strompegel, wodurch eine Vielzahl von Abtastzeiten erhalten wird;  
Vergleichen einer ersten Abtastzeit der Vielzahl von Abtastzeiten mit einer zweiten Abtastzeit der Vielzahl von Abtastzeiten, um einen Zeitvergleichswert zu erhalten, wobei der Zeitvergleichswert eine Änderung in bezug auf die Position des Rotors anzeigt; und  
Vergleichen des Zeitvergleichswerts mit einem vorbestimmten Referenzwert.

9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei der Meßschritt folgende Unterschritte enthält:

Erfassen bzw. Lesen eines Pegels des Stroms in einer Phasenspule des Motors;  
Vergleichen des Pegels des Stroms mit dem ersten vorbestimmten Strompegel;

45

Vergleichen des Pegels des Stroms mit dem zweiten vorbestimmten Strompegel; und

Erzeugen eines Zeitsignals, das eine der Vielzahl von Abtastzeiten anzeigt.

10. Verfahren nach Anspruch 8, wobei der Schritt zum Vergleichen der ersten Abtastzeit mit der zweiten Abtastzeit den Unterschritt zum Subtrahieren einer der ersten und der zweiten Abtastzeit von einer anderen der ersten und der zweiten Abtastzeit enthält.

11. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die vorbestimmte Frequenz größer als eine Kommutationsfrequenz des Motors ist.

12. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die vorbestimmte Frequenz im wesentlichen gleich einer Kommutationsfrequenz des Motors ist.

60

13. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die erste Abtastzeit der Zeit für den Strom zum Bewegen zwischen dem ersten und dem zweiten vorbestimmten Strompegel in einer ersten Phasenspule des Motors während einem ersten Abtastintervall entspricht und die zweite Abtastzeit der Zeit für den Strom zum Bewegen zwischen dem ersten und dem zweiten vorbestimmten Strompegel in der ersten Phasenspule während einem zweiten Abtastintervall entspricht.

zweiten Abtastintervall entspricht.

14. Verfahren nach Anspruch 8, wobei die erste Abtastzeit der Zeit für den Strom zum Bewegen zwischen dem ersten und dem zweiten vorbestimmten Strompegel in einer ersten Phasenspule des Motors entspricht und die zweite Abtastzeit der Zeit für den Strom zum Bewegen zwischen dem ersten und dem zweiten vorbestimmten Strompegel in einer zweiten Phasenspule des Motors entspricht.

15. Schaltung zum Erfassen eines festgestellten Rotors in einem Motor, die folgendes aufweist:  
eine Einrichtung zum Messen, bei einer vorbestimmten Frequenz, der Zeit für einen Strom im Motor zum Bewegen zwischen einem ersten vorbestimmten Strompegel und einem zweiten vorbestimmten Strompegel, wodurch eine Vielzahl von Abtastzeiten erhalten wird;

eine Einrichtung zum Vergleichen einer ersten Abtastzeit der Vielzahl von Abtastzeiten und einer zweiten Abtastzeit der Vielzahl von Abtastzeiten, um einen Zeitvergleichswert zu erhalten, wobei der Zeitvergleichswert eine Änderung in bezug auf die Position des Rotors anzeigt.

16. Schaltung nach Anspruch 15, wobei die Meßeinrichtung folgendes enthält:  
eine Einrichtung zum Erzeugen eines Stromanzeigesignals, das einen Pegel des Stroms anzeigt;  
einen ersten Komparator, der ein erstes Vergleichssignal in Antwort auf das Stromanzeigesignal und ein erstes Strompegelsignal, das den ersten vorbestimmten Strompegel anzeigt, erzeugt;  
einen zweiten Komparator, der ein zweites Vergleichssignal in Antwort auf das Stromanzeigesignal und ein zweites Strompegelsignal, das den zweiten vorbestimmten Strompegel anzeigt, erzeugt; und  
eine Logikschaltung, die ein Zeitgabesignal in Antwort auf das erste und das zweite Vergleichssignal erzeugt.

17. Schaltung nach Anspruch 15, wobei die vorbestimmte Frequenz größer als eine Kommutationsfrequenz des Motors ist.

18. Schaltung nach Anspruch 15, wobei die vorbestimmte Frequenz im wesentlichen gleich einer Kommutationsfrequenz des Motors ist.

19. Schaltung nach Anspruch 15, wobei die erste Abtastzeit der Zeit für den Strom zum Bewegen zwischen dem ersten und dem zweiten vorbestimmten Strompegel in einer ersten Phasenspule des Motors während einem ersten Abtastintervall entspricht und die zweite Abtastzeit der Zeit für den Strom zum Bewegen zwischen dem ersten und dem zweiten vorbestimmten Strompegel in der ersten Phasenspule während einem zweiten Abtastintervall entspricht.

20. Schaltung nach Anspruch 15, wobei die erste Abtastzeit der Zeit für den Strom zum Bewegen zwischen dem ersten und dem zweiten vorbestimmten Strompegel in einer ersten Phasenspule des Motors entspricht und die zweite Abtastzeit der Zeit für den Strom zum Bewegen zwischen dem ersten und dem zweiten vorbestimmten Strompegel in einer zweiten Phasenspule des Motors entspricht.

**- Leerseite -**

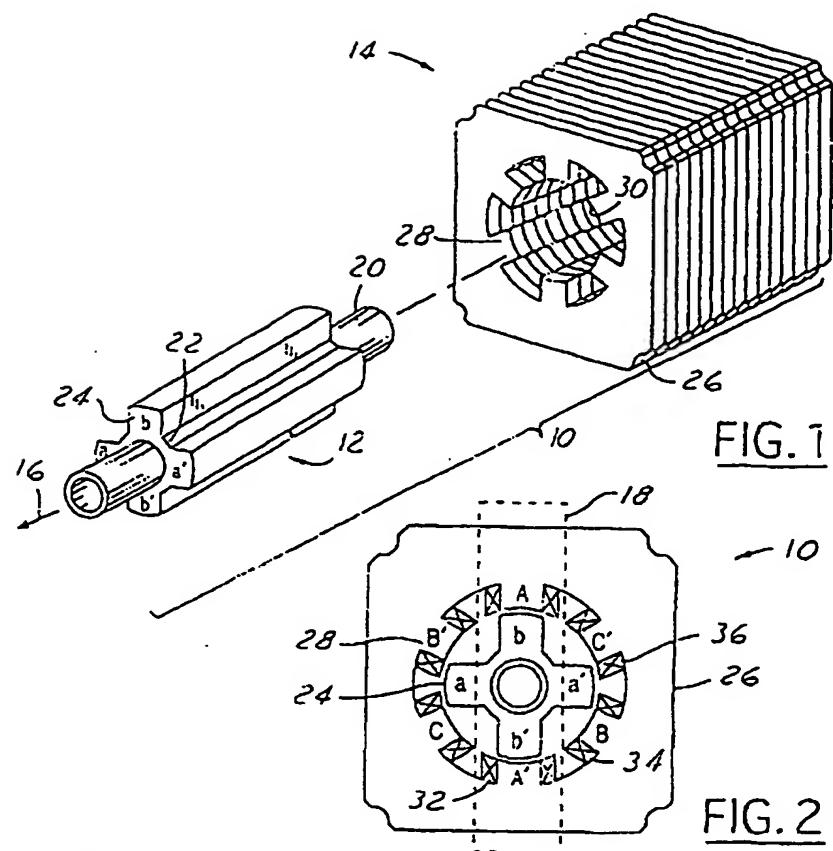


FIG. 1

FIG. 2

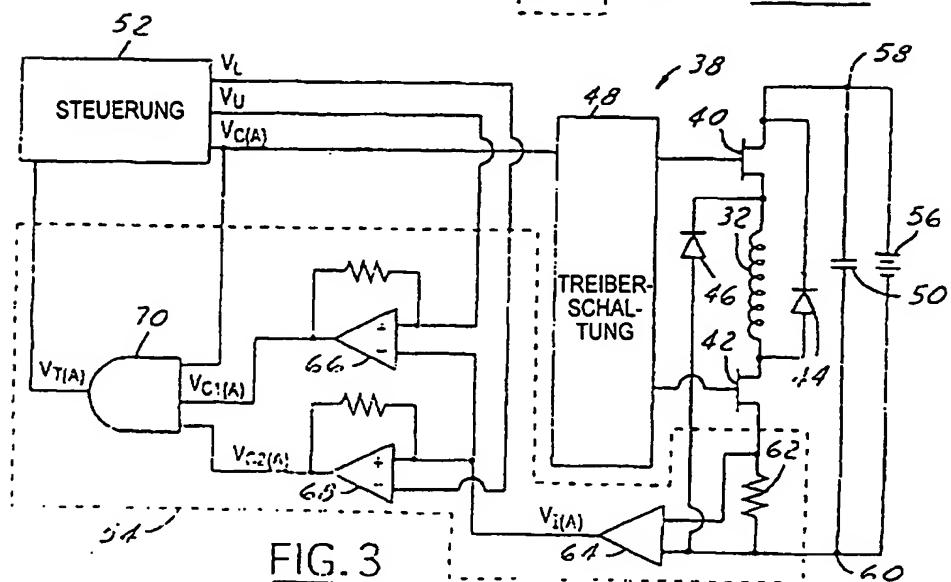


FIG. 3

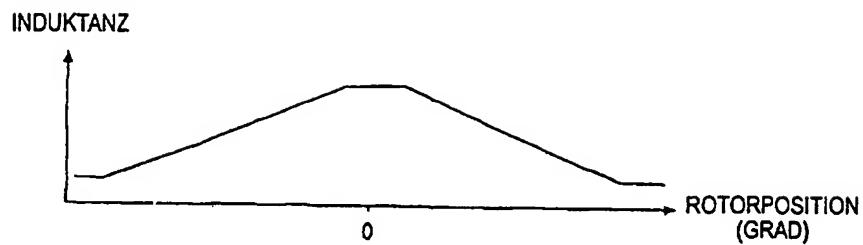


FIG. 4A

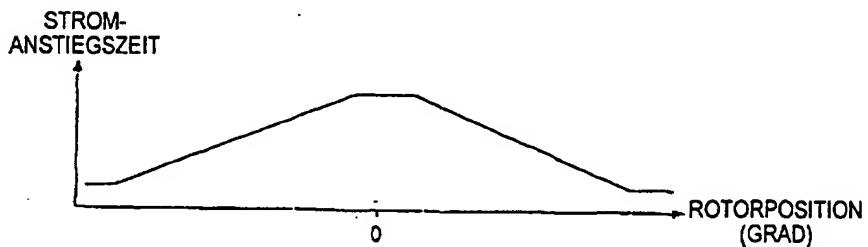


FIG. 4B

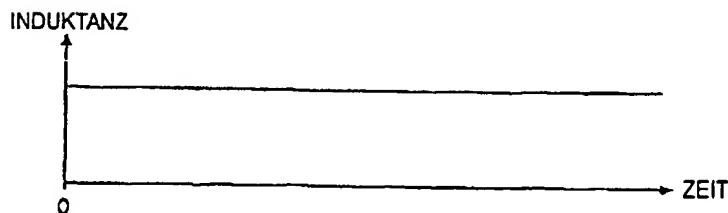


FIG. 4C

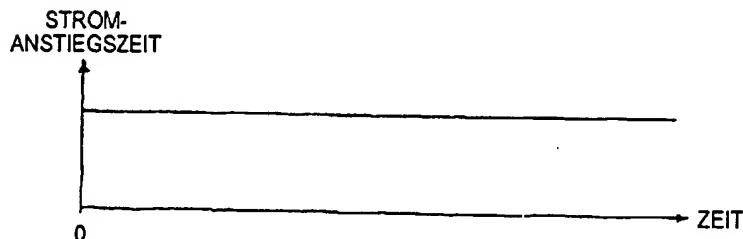


FIG. 4D

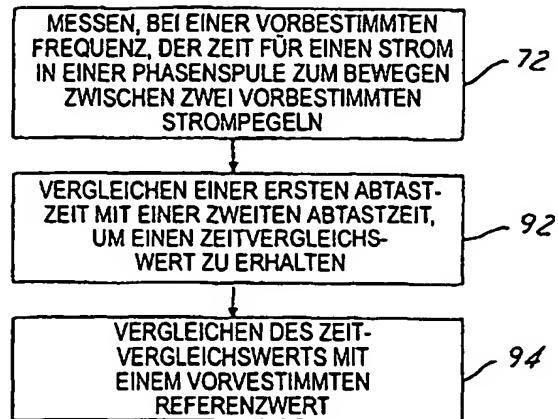


FIG.5A

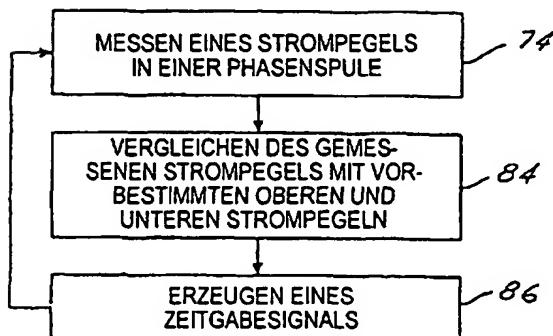


FIG.5B

